

19



Bureau voor de  
Industriële Eigendom  
Nederland

11 1011782

12 C OCTROOI<sup>6</sup>

21 Aanvraag om octrooi: 1011782

51 Int.Cl.<sup>7</sup>  
G01S13/34, G01S7/35

22 Ingediend: 13.04.1999

41 Ingeschreven:  
16.10.2000 I.E. 2000/12

47 Dagtekening:  
16.10.2000

45 Uitgegeven:  
01.12.2000 I.E. 2000/12

73 Octrooihouder(s):  
Hollandse Signaalapparaten B.V. te Hengelo.

72 Uitvinder(s):  
Pieter van Genderen te Haaksbergen

74 Gemachtigde:  
Geen

54 Radarapparaat.

57 Radarapparaat van het FMCW type, waarmee gelijktijdig vier sweeps worden opgewekt en uitgezonden, elk met een bandbreedte B. Met behulp van een gecombineerde processing wordt een afstandsresolutie gerealiseerd die overeenkomt met een bandbreedte 4B. In de gecombineerde processing worden de vier sweeps afgeleid van één sweepgenerator en één local oscillator, waarmee onderlinge coherentieproblemen en het ontstaan van additionele ruis wordt voorkomen. Combinatie van ontvangen radarechsignalen vindt plaats in een vierpunts Fourier transformator.

NL C 1011782

De inhoud van dit octrooi komt overeen met de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekeningen.

### Radarapparaat

De uitvinding heeft betrekking op een radarapparaat van het FMCW type, voorzien van een signaalgenerator voor het  
5 periodiek opwekken van lineair frequentiegemoduleerde  
hoogfrequente signalen, antennemiddelen, ontvangermiddelen,  
A/D conversiemiddelen en van Fourier transformatiemiddelen  
voor het omzetten van ontvangen signalen in afstand  
representerende signalen.

10 Radarapparaten van dit type zijn bekend. Het probleem van  
de bekende radarapparaten is dat als een grotere afstands-  
resolutie wordt gevraagd, dit onvermijdelijk een  
frequentiemodulatie met een grotere bandbreedte met zich  
15 meebrengt, terwijl de eisen gesteld aan de lineariteit van  
de modulatie toenemen.

De onderhavige uitvinding komt aan dit bezwaar tegemoet en  
heeft als kenmerk, dat de signaalgenerator is voorzien van  
20 N subgenerators met  $N = 2, 3, \dots$ , voor het gelijktijdig  
opwekken van N lineair frequentiegemoduleerde hoogfrequente  
signalen met onderling verschillende frequenties, dat de  
ontvangermiddelen zijn voorzien van N subontvangers, dat de  
A/D conversiemiddelen N A/D convertors omvatten, dat de  
25 Fourier transformatiemiddelen N Fourier transformatoren  
realiseren, voor het omzetten van door de N subontvangers  
ontvangen signalen, en dat is voorzien in een additionele  
Fourier transformator, aangesloten op de uitgangen van de N  
Fourier transformatoren, voor het met een grotere nauw-  
30 keurigheid afgeven van afstanden representerende signalen.

Een voordelige en relatief goedkoop te implementeren  
uitvoeringsvorm van de uitvinding heeft als kenmerk, dat de  
N subgenerators elk een frequentiegebied met een althans in  
35 hoofdzak identieke bandbreedte B bestrijken, waarbij bij

voorkeur de N subgenerators frequentiegebieden bestrijken die althans in hoofdzaak aansluiten, zodanig dat de N subgenerators een bandbreedte van tenminste N.B bestrijken.

- 5 Een gunstige realisatie heeft als kenmerk, dat is voorzien in een directe digitale synthesizer voor het van een lineair frequentiegemoduleerd signaal voorzien van de subgenerators. Hierbij is dan bij voorkeur elke subgenerator voorzien van een hulpgenerator en een
- 10 mengtrap, voor het naar een vooraf bepaald frequentiegebied mengen van het frequentiegemoduleerde signaal, terwijl is voorzien in een sominator, voor het sommeren van de uitgangssignalen van de subgenerators.
- 15 Voor de ontvanger geldt dat de ontvangen signalen bij voorkeur voor elke subgenerator afzonderlijk moeten worden verwerkt. Een gunstige uitvoeringsvorm heeft daartoe als kenmerk, dat elke subontvanger is voorzien van een filter, voor het selectief ontvangen van door één subgenerator
- 20 opgewekte signalen. Daarbij is dan bij voorkeur elke subontvanger voorzien van een mengtrap, voor het mengen van ontvangen signalen met door de bijbehorende subgenerator opgewekte signalen.
- 25 In een gunstige uitvoeringsvorm zijn de Fourier-transformatoren ingericht voor het per periode van de signaal-generator transformeren van uitgangssignalen van de bijbehorende subontvangers in een afstand representerend signaal, verdeeld in rangequanten, zodat per periode N
- 30 onafhankelijke metingen beschikbaar komen.

Een zeer gunstige uitvoeringsvorm volgens een aspect van de uitvinding heeft als kenmerk, dat een ingangssignaal voor de additionele Fourier transformator wordt gevormd door N

overeenkomstige rangequanten zoals afgegeven door de N  
Fourier transformators.

De uitvinding zal nu verder worden toegelicht aan de hand  
5 van de volgende figuren, waarbij:

- Fig. 1A een lineair frequentiegemoduleerd signaal volgens  
de stand der techniek weergeeft;
- Fig. 1B een lineair frequentiegemoduleerd signaal volgens  
de uitvinding weergeeft;
- 10 Fig. 2 een mogelijke uitvoeringsvorm van het inventieve  
radarapparaat in de vorm van een blokschema  
weergeeft.

Fig. 1A geeft een lineair frequentiegemoduleerd signaal  
15 volgens de stand der techniek weer, waarbij een vooraf  
bepaalde bandbreedte B wordt doorlopen in een sweeptijd T.  
Zoals bekend in het vakgebied bepaalt de bandbreedte B de  
afstandsresolutie die met het radarapparaat kan worden  
gerealiseerd, terwijl de sweeptijd T de herhalings-  
20 frequentie bepaalt. T is altijd een compromis; enerzijds is  
een hoge herhalingsfrequentie feitelijk altijd gewild,  
anderzijds dient T zó te worden gekozen dat ook echo's van  
doelen op een relatief grote afstand nog deels samenvallen  
met het uitgezonden lineair frequentiegemoduleerde signaal.  
25 Een maximaal realiseerbare bandbreedte B wordt bepaald door  
de beperkte lineariteit van bestaande signaalgeneratoren.  
Bij grote bandbreedte B veroorzaakt deze beperkte  
lineariteit na Fourier transformatie een uitsmeren van een  
echosignaal over meerdere rangequanten. Het is dan niet  
30 meer zinvol de bandbreedte verder te vergroten.

Fig. 1B geeft een lineair frequentiegemoduleerd signaal  
volgens de uitvinding weer, waarbij in een sweeptijd T vier  
sweeps 1,2,3,4 worden gegenereerd, die samen nagenoeg een  
35 bandbreedte 4B omvatten. Er van uitgaande dat de

lineariteit van elke individuele sweep vergelijkbaar is met de lineaire sweep van de in Fig. 1A getoonde sweep, is direct duidelijk dat een vier keer zo grote afstands-resolutie haalbaar is als de echo's van de vier sweeps kunnen worden gecombineerd.

Fig. 2 geeft een mogelijke uitvoeringsvorm van het inventieve radarapparaat in de vorm van een blokschema weer. Hierbij wordt door één centrale sweepgenerator 5 een sweep opgewekt met een centrale frequentie  $f$ , een bandbreedte  $B$  en een sweeptijd  $T$ . Met behulp van een in het vakgebied bekende splitter 6 en vier subgenerators 7,8,9,10, elk voorzien van een mengtrap en een filter, wordt de sweep opgemengd naar frequenties  $f+F$ ,  $f+F+B$ ,  $f+F+2B$ ,  $f+F+3B$ , zoals dit is aangegeven in Fig. 1B. De frequentie  $f$  is zodanig gekozen dat de sweep met een in het vakgebied bekende directe digitale synthesizer kan worden gerealiseerd en bedraagt ongeveer 200 Mhz. De frequentie  $F$  is zodanig gekozen dat de filters in subgenerators 7,8,9,10 gerealiseerd kunnen worden met een zodanige steilheid dat ongewenste mengproducten voldoende worden onderdrukt en bedraagt ongeveer 2 Ghz. De signalen  $F$ ,  $F+B$ ,  $F+2B$ ,  $F+3B$ , die worden toegevoerd aan subgenerators 7,8,9,10, worden op een in het vakgebied bekende wijze opgewekt in de hulpgenerators 11,12,13,14, uitgaande van één generator met frequentie  $F$  en één generator met frequentie  $B$ . De uitgangssignalen A,B,C,D van de subgenerators 7,8,9,10 worden vervolgens gecombineerd in een in het vakgebied bekende combiner 15. Het uitgangssignaal van combiner 15 wordt vervolgens in een mengtrap 16 opgemengd naar de gewenste radarfrequentie met behulp van een local oscillator 17, één en ander zoals dit gebruikelijk is in het vakgebied. Het zo verkregen signaal, dat een frequentie heeft van ongeveer 10 Ghz, wordt vervolgens versterkt in versterker 18 en uitgezonden via een zendantenne 19.

1011782

Ontvangen radar echosignalen worden opgevangen door een ontvangantenne 20, versterkt in een low noise versterker 21 en in een mengtrap 22 teruggemengd. Het zo verkregen signaal wordt in een in het vakgebied bekende splitter 23 gesplitst en toegevoerd aan vier filters 24,25,26,27, die het radar echosignaal splitsen in vier subsignalen, elk afkomstig van en horend bij één van de vier sweeps 1,2,3,4 afkomstig van de subgenerators 7,8,9,10. De uitgangssignalen van de vier filters 24,25,26,27 worden met behulp van de vier uitgangssignalen A,B,C,D van subgenerators 7,8,9,10 teruggemengd naar baseband in mengtrappen 28,29,30,31, gedigitaliseerd met A/D convertors 32,33,34,35 en Fourier getransformeerd met Fourier transformatoren 36,37,38,39. De uitgangssignalen van Fourier transformatoren 36,37,38,39 bestaan per sweep uit per rangequant bepaalde complexe doelssterkten. Van deze complexe doelssterkten kan op een op zich bekende wijze de modulus worden bepaald, waarna de zo verkregen modulussignalen geschikt zijn voor het aansturen van bijvoorbeeld een beeldscherm. Op het beeldscherm wordt bijvoorbeeld de omgeving van het radarapparaat afgebeeld, met een afstandsresolutie die vrijwel uitsluitend is bepaald door de bandbreedte B. Op deze wijze kan het radarapparaat gelijktijdig vier vrijwel identieke radarbeelden genereren, afkomstig van de vier sweeps 1,2,3,4. De vier reeksen complexe doelssterkten kunnen volgens de uitvinding per rangequant worden gecombineerd in een additionele vierpunts Fourier transformator 40. Het uitgangssignaal hiervan kan weer een beeldscherm aansturen, met een afstandsresolutie die nu nagenoeg vier keer zo groot is.

Het spreekt voor zich dat het radarapparaat kan worden uitgevoerd met meer dan vier subgenerators, waarbij de afstandsresolutie verder kan toenemen, ondanks een beperkte lineariteit van sweepgenerator 5.

### Conclusies

1. Radarapparaat van het FMCW type, voorzien van een signaalgenerator voor het periodiek opwekken van lineair frequentiegemoduleerde hoogfrequente signalen, antennemiddelen, ontvangermiddelen, A/D conversiemiddelen en van Fourier transformatiemiddelen voor het omzetten van ontvangen signalen in afstand representerende signalen, met het kenmerk, dat de signaalgenerator is voorzien van N subgenerators met  $N = 2, 3, \dots$ , voor het gelijktijdig opwekken van N lineair frequentiegemoduleerde hoogfrequente signalen met onderling verschillende frequenties, dat de ontvangermiddelen zijn voorzien van N subontvangers, dat de A/D conversiemiddelen N A/D convertors omvatten, dat de Fourier transformatiemiddelen N Fourier transformatoren realiseren, voor het omzetten van door de N subontvangers ontvangen signalen, en dat is voorzien in een additionele Fourier transformator, aangesloten op de uitgangen van de N Fourier transformatoren, voor het met een grotere nauwkeurigheid afgeven van afstand representerende signalen.

2. Radarapparaat volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de N subgenerators elk een frequentiegebied met een althans in hoofdzaak identieke bandbreedte B bestrijken.

3. Radarapparaat volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de N subgenerators frequentiegebieden bestrijken die althans in hoofdzaak aansluiten, zodanig dat de N subgenerators een bandbreedte van tenminste  $N \cdot B$  bestrijken.

4. Radarapparaat volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat is voorzien in een directe digitale synthesizer voor het van een lineair frequentiegemoduleerd signaal voorzien van de subgenerators.

35

1001102

5. Radarapparaat volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat elke subgenerator is voorzien van een hulpgenerator en een mengtrap, voor het naar een vooraf bepaald frequentiegebied mengen van het frequentiegemoduleerde  
5 signaal.

6. Radarapparaat volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat is voorzien in een sominator, voor het sommeren van de uitgangssignalen van de subgenerators.  
10

7. Radarapparaat volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat elke subontvanger is voorzien van een filter, voor het selectief ontvangen van door één subgenerator opgewekte signalen.  
15

8. Radarapparaat volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat elke subontvanger is voorzien van een mengtrap, voor het mengen van ontvangen signalen met door de bijbehorende subgenerator opgewekte signalen.  
20

9. Radarapparaat volgens conclusie 8, met het kenmerk, dat de Fouriertransformatoren zijn ingericht voor het per periode van de signaalgenerator transformeren van uitgangssignalen van de bijbehorende subontvangers in een  
25 afstand representerend signaal, verdeeld in rangequanten.

10. Radarapparaat volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat een ingangssignaal voor de additionele Fourier transformator wordt gevormd door N overeenkomstige range-  
30 quanten zoals afgegeven door de N Fourier transformatoren.



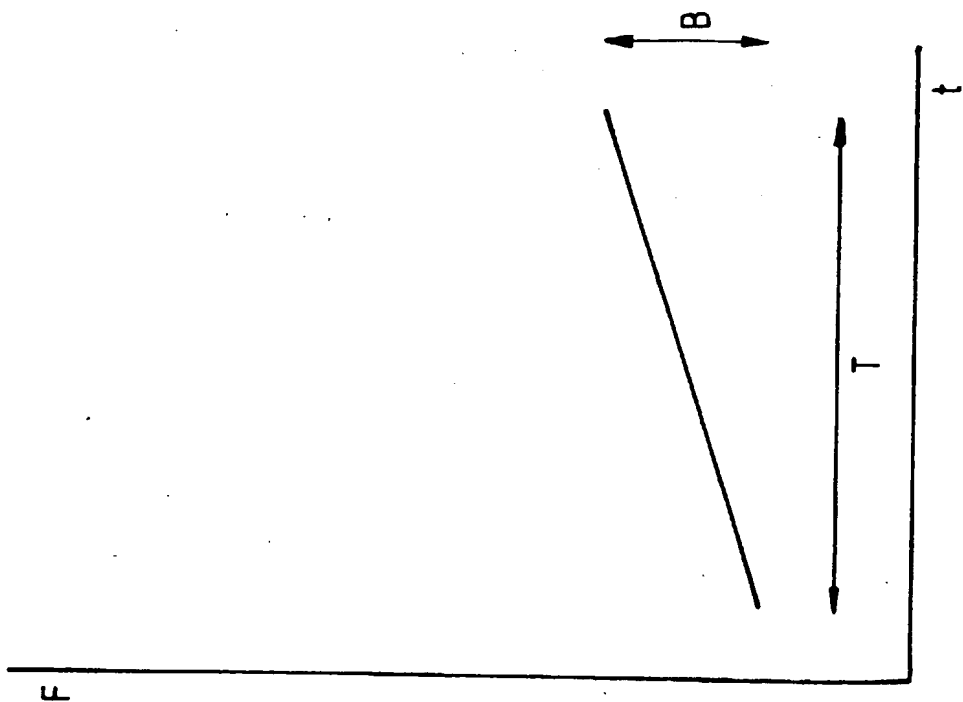


FIG. 1A

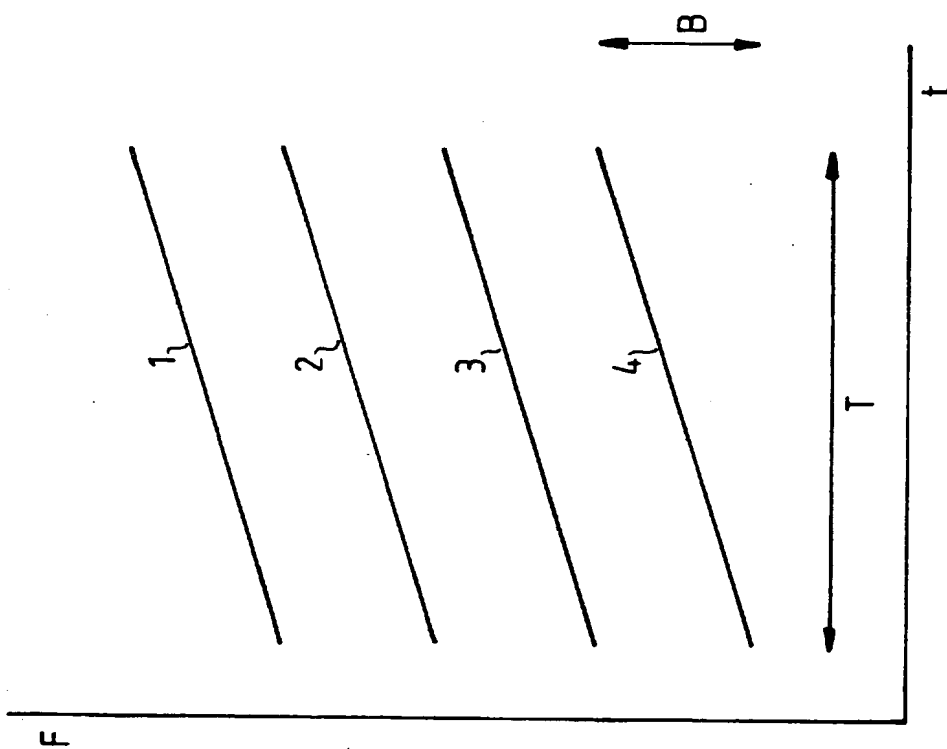


FIG. 1B

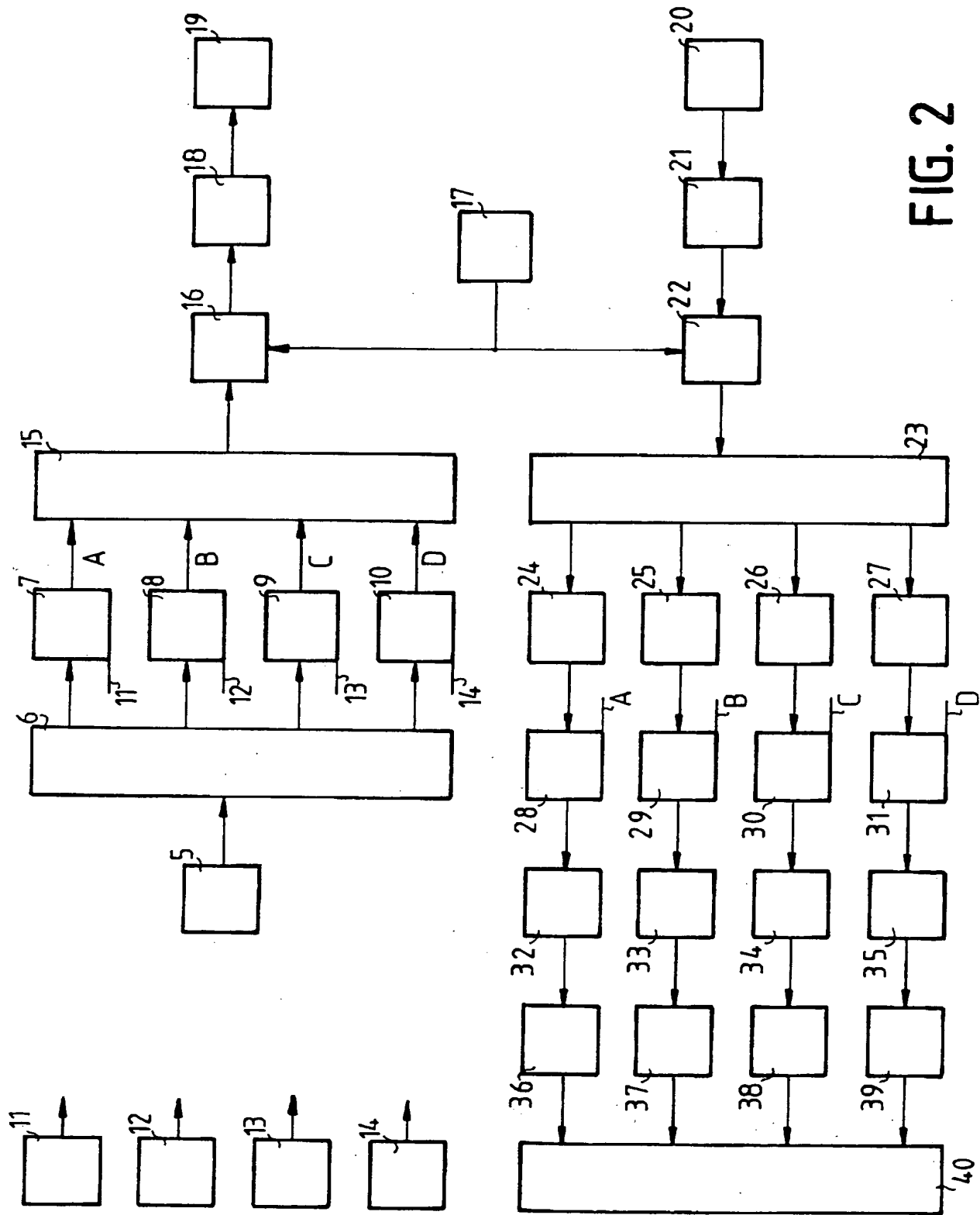


FIG. 2